養液栽培技術講習會專刊　第四輯　15～27, 1992

水耕養液中的氮素問題

王銀波　吳正宗*

一、前　　言

氮素是植物生長所需的大量元素之一，因作物種類與生長期不同，其乾物中含氮量，一般在2—4%之間。植物氮的含量在生長初期最高，其後隨植齡而降低，即氮的需求量在生殖生長前呈穩定增加，其後，迅速衰退。這種現象於結果植物尤其明顯。氮爲新陳代謝及種種生理作用的各種重要化合物之成分，如氨基酸、核酸、葉綠素、各種酵素、植物激素及維生素等。

作物氮素不足時，老蛋白質分解，所產生之氮再供應新葉利用，故植株缺氮時葉片由下而上漸次黃化枯萎，植株生長不良。在適當條件下充分供給氮素，則氮素吸收快，蛋白質等含氮化合物生成多，葉面積加大，葉綠素含量增加，以致光合作用增強，促進作物生育。然吸收氮素過多時，因氮素同化作用需消耗糖及能量，導致構成細胞壁之碳水化合物及澱粉之聚積降低，形成纖維素等原料減少，作物組織軟弱，易罹病蟲害，對機械性之傷害抵抗力弱。同時氮素過多時，莖葉繁茂，延遲開花或減少開花，果實亦延遲成熟。因此，養液栽培氮素的供給必需適時適量，才可使作物生長良好。作爲養液氮素供應源，主要有兩種型態，分別爲硝酸態氮及銨態氮，亦有同時含此兩種形態者，另外有有機態（含碳化學氮肥），較重要的氮肥及其分類如表一。

表一　重要的氮肥

肥料形態	名　稱	化學式	含氮百分率%
銨態氮	無水氨	NH_3	82
	氨水	NH_4OH	15-17
	氯化銨	NH_4Cl	24-25
	硫酸銨	$(NH_4)_2SO_4$	20-21
硝酸態氮	硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	13-15
	硝酸鉀	KNO_3	13
	硝酸鈉	$NaNO_3$	15-16
銨硝態氮肥	硝酸銨	NH_4NO_3	34-35
	鈣化硝酸銨	$NH_4NO_3+CaCO_3$	20-21
	硝硫酸銨	$NH_4NO_3+(NH_4)_2SO_4$	25-27
醯銨態氮肥	尿素	$CO(NH_2)_2$	46
氰氨態氮肥	氰氨基化鈣	$CaCN_2$	18-23

* 國立中興大學土壤學研究所所長及助教

二、常用氮源肥料的特性

㈠銨態氮肥

銨鹽極易溶於水，故配製養液時簡便容易。銨鹽均爲生理酸性肥料，施用後易使養液呈酸性，此係因銨被作物吸收遺留酸根之故。銨鹽爲生理酸性肥料，理當調整水耕液於較高 pH ，但如此會有氨之揮失，故氮素形態爲銨鹽時，應儘可能不使養液 pH 值超過 6.5。依據土壤經驗，在 pH 6.3 以下，無慮氨的揮失，pH 6.3-7頗有損失，pH 7以上則氮素損失量極大。

㈡硝酸態氮肥

硝酸態氮肥料亦極易溶水，不過，因其在固態，具有強烈吸濕性，所以導致肥的含氮量因含水量不一而有差異，配製水耕液時必須注意用量。該等肥料吸濕後，會結硬塊或潮解成溶態，在取用時頗不方便。所以須注意其包裝，應儘量避免曝露於空氣中。硝酸鹽中除硝酸鉀、硝酸銨外，均爲生理鹼性肥料，當用量大時，極易使水耕液 pH 值變高。尤其是硝酸鈉，因植物大量吸收硝酸鈉之硝酸，而遺留鈉離子，會增加養液之不均衡，也誤導 EC 指標值之作用。

㈢有基態氮肥（含碳氮肥）

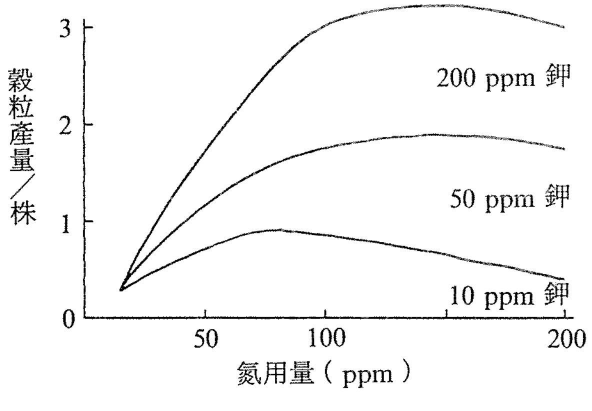
主要指氰氨基化鈣及尿素等兩種肥料，此兩種肥料甚少用於水耕液中，因該肥料在低濃度時即對作物有毒害，必須分解變爲銨態氮素後，才可被作物吸收。但水耕液中無分解讓人肥料的細菌（或酵素），故此等肥料只適合土壤施用，甚少用於水耕液。

三、一般常見氮素所引起的營養問題

由於氮素通常伴隨磷、鉀、鈣等養分，供給水耕作物吸收利用。一般培養液中硝酸態氮素又遠多於銨態氮素，因此常造成下列幾點營養及生理問題。

1. 培養液 pH 值常因硝酸根的大量吸收而上升，銨態氮的吸收而下降；
2. 鉀、鈣的吸收易隨氮素供應形態與量而改變；
3. 葉菜類可食用部分常積存大量硝酸態氮素；
4. 氮素多量供應造成營養生長過盛，對果菜類易過繁茂而不開花及結果；
5. 氮素多量易造成莖脆弱，易折斷，百合、蔥等便是。

氮素的效應，會因其他營養元素充足與否而不同。以大麥爲例， MacLeod (1969)指出，在鉀供應量少時（10 ppm），氮70 ppm 左右已達最高穀粒產量，若把鉀提高至50 ppm，則最適氮濃度爲130 ppm 左右，鉀含量提高至200 ppm，則氮的最適濃度爲100 ppm左右，如圖一。



圖一 三種鉀用量下氮素對小麥產量的影響（Macleod, 1969）

四、銨態氮與硝酸態氮之優劣點

㈠利用銨態氮之得失

銨爲氮素代謝之出發物質，同時亦爲最終產物。生物界中氮素循環，無機態氮素銨，被植物同化生成氨基酸、蛋白質等，經動物取食利用後，代謝生成無機氮素銨，排泄至體外或生命終止後，由微生物分解成無機物，爲今日衆所周知之事，此與光合作用及呼吸作用驅動碳素循環，同爲地球上生命延續之兩大支柱。

銨爲氮素代謝之出發物質，在同化時與其他無機氮相較爲最適當之型態，因銨經植物吸收後，不需分解或還原即可直接合成氨基酸、蛋白質等含氮化合物，是最省能源、最經濟、高效率氮素來源，可節省能量供養分吸收或乾物質生產之用，但大量的銨在植體內或外累積，易造成氨中毒。

現已知過量之銨離子將阻礙光合磷酸化反應，經由 UDPG 而合成澱粉能力低下。培養液中銨離子濃度高，根對 TTC 還原力及吸水力會下降。此種阻害作用不一定因遊離銨之存在才會發生，其他有機態氮，如所生成之氨基酸及醯胺亦包括在內，其蓄積亦會發生抑制作用，惟毒性比銨爲弱而已。植物根之伸展，硝酸態氮會促進，而銨態會抑制，如表二。

表二　氮素化合物對水稻根生長長度 (mm) 之影響

氮素形態	全氮濃度 ppm		
	2	20	100
硝酸	119	138	112
銨	76	71	51
麩氨酸	66	27	21
天門冬酸	75	22	12
油氨酸	66	29	22
γ—氨基酪酸	76	54	40
纈草氨酸	92	33	24
甘氨酸	63	49	39
絲氨酸	74	47	29
麩氨酸醯胺	85	46	28
天門冬醯胺	109	46	34
魚精氨酸	80	67	24

Dejagere 和 Neirinckx(1978)等人的實驗指出，NH_4^+ 是與根上的 H^+ 進行交換吸收的，所以當 NH_4^+ 爲氮源時，營養液會酸化。Mengel(1982)等研究認爲，NH_4^+ 在細胞質膜上發生去質子化作用，成爲 NH_3 而在膜上進行轉換，也同 NH_4^+ 與 H^+ 交換吸收一樣，去質子化也會使養液酸化。並曾發現小麥根際以 NH_4^+ 爲營養時，pH 值比 NO_3^- 爲營養時低2.2單位。

台灣省農業試驗所藏書

(二)利用硝酸態氮素之得失

植物利用硝酸態氮前，必先還原爲銨後，才可加以利用。

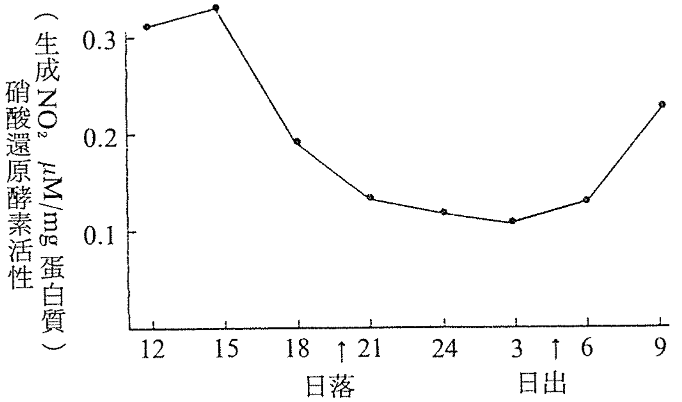
NO_3^- 在還原爲銨之第一步，即硝酸鹽還原酵素使之變爲 NO_2^- ，NO_2^- 經亞硝酸鹽還原酵素而生成 NH_2OH 。此係由一連串酵素作用而造成。這過程，對綠色植物在光照下言，每還原一個 NO_3^- 成 NH_3 ，需消耗16個光子。而在非綠色組織中，或綠色植物併行 NO_3^- 的暗還原作用時，所需的還原劑只得來自碳水化合物或有機酸的氧化作用，此時每同化一個 NO_3^- 爲 Glutamine acid 需消耗 10 個電子，也就相當於2.5個被固定的碳（何與孟 1987）。

植物體中誘導硝酸鹽還原酵素生成之因子包括硝酸態氮素、光線、溫度及鉬，以銨態氮爲氮素源之水耕液種植水稻，植物體幾無硝酸鹽還原酵素之存在。若以含硝酸態氮之水耕液栽培，植體內即具有硝酸還原酵素。

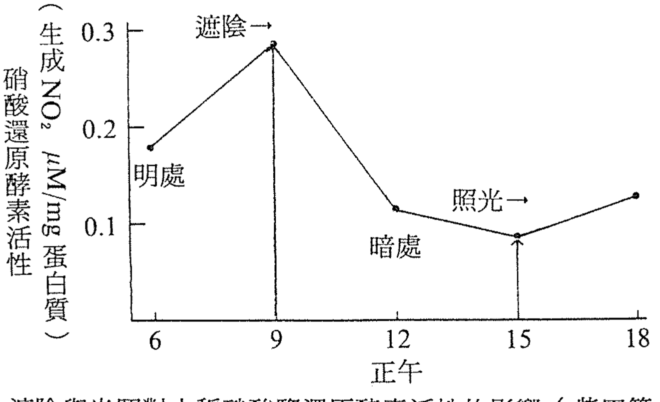
通常植物吸收 NO_3^- 而誘導硝酸鹽還原酵素活性，此一作用白天高而夜晚低。週而復始，這一種週期性之變化，可能因日照及溫度變化所致。Wallace 認爲在自然條件下，硝酸鹽還原酵之活性的週期性變動與氣溫之變動呈平行，而強調溫度之效應。高橋之研究確定活性變動週期之主要原因是光照而非溫度。

以含20 ppm NO_3^-－N 之春日井氏水耕液種植發芽3週的水稻幼苗，供測試硝酸鹽還原酵素活性，其結果如圖二。硝酸鹽還原酵素活性與日照呈正相關。

圖三顯示水稻於日出後，因日照增加而增加硝酸鹽還原酵素活性，上午9時移入暗處，6小時後自暗處移出再照光。初在暗處時活性急速減少，後則活性下降減緩，經照明則活性再增加。



圖二 水稻地上部硝酸鹽還原酵素活性之日變化（柴田等，1969）



圖三 遮陰與光照對水稻硝酸鹽還原酵素活性的影響（柴田等，1969）

植體內 NO_3-N 含量之變動與硝酸鹽還原酵素活性之變動呈相反關係，活性增加則 NO_3-N 減少。在自然環境下，夜間組織內 NO_3-N 高於白天，白天照光，硝酸鹽還原酵素活化，光合作用活潑，NO_3-N 的還原急速增加。

植體內存在的銨具有毒性，但若能迅速合成氨基酸及蛋白質則可獲調節。NO_3-N 在植物體內蓄積並無毒害，還原爲銨與光合作用平行，因此植體內不會有銨過量蓄積情形發生。

然 NO_3^- 不利點是 NO_3^- 需經一連串的反應，還原爲銨，才可爲植物利用，因此供應植物所需求的銨不易充分，同時在還原過程中尙有中間產物 NO_2^- 集積，微量的 NO_2^- 即對植物生長造成妨害，更重要一點是還原過程中需消耗能量。

溶液的 pH 值顯著影響植物對 NO_3^- 的吸收，溶液的 pH 值升高，NO_3^- 的吸收減少，其原因並不只是 OH^- 的競爭作用，而且還影響 NO_3^- 的運輸系統（何與孟 1987）。NO_3^- 在植體內同化後，導致細胞鹼化，但可被植物細胞合成的有機酸中和，有機酸的 H^+ 則排出細胞外與 OH^- 結合成水，如果外界 pH 值升高，OH^- 對這種中和過程產生很大的遷就，因而有機酸根增加，NO_3^- 的吸收就受到影響。

五、植物對兩種氮素之偏好性

早年一般均認爲植物對 NH_4^+ 及 NO_3^- 的吸，係以 NH_4^+ 爲優先。NO_3^- 肥效較慢，但施用過多較無毒。NH_4^+ 不需消耗能量，就可直接合成蛋白質，並可使碳水化物轉換加快，促進光合作用，但對植物之毒性相對加大，用量應特別注意。

作物生長受進化中生態環境的影響而有好銨性與好硝酸性。氮素源以 NH_4^+ 爲主時，生育良好者稱爲好銨性植物，這種作物在銨態氮濃度高時，生育才受障礙，在高濃度 NO_3^- 生育旺盛的植物，銨態氮耐性低，爲好硝酸性植物。蔬菜對氮之吸收特性如表三。

表三　蔬菜的氮吸收特性（池田，大澤1981）

培養液之 pH 值	好吸收 NH_4^+	好吸收 NO_3^-	兩者吸收約略相同
5	玉米、萵苣 草莓、香瓜 黃瓜、水芹菜 芹菜、鴨兒芹 茼蒿	豌豆、菠菜 西瓜、白菜 菜豆、高麗菜 番茄、青椒 小蕪菁	茄子、青豆
7	玉米、萵苣 草莓、香瓜 黃瓜、水芹菜 芹菜、鴨兒芹 青椒、茄子 青豆、茼蒿	菠菜、白菜 小蕪菁	菜豆、高麗菜 豌豆、番茄 西瓜

六、併用 NH_4^+ 及 NO_3^- 的優點

由於 NO_3^- 與 NH_4^+ 在植物的吸收過程中，各有其利弊，且植物因種類不同各有其嗜好。因此，按照作物吸收特性，併用兩種肥料以解決部分缺點，以得到最佳的產量與品質，併用兩種型態氮肥之優點如下：

㈠爲求 pH 穩定

使營養液 pH 值改變的主要因素包括：

a. 栽培介質的化學性；
b. 養液的組成成份；
c. 作物的吸收特性；
d. 水質的影響；
e. 二氧化碳的濃度；
f. 植物根部分泌的有機酸。

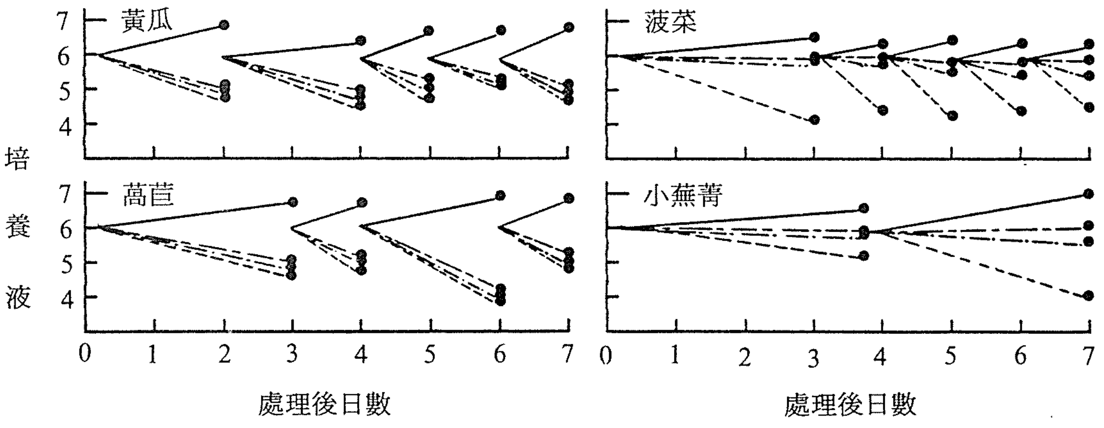
其中養液的組成成分（尤其是氮素成分）及栽培作物的吸收特性在我們決定養液配方時，可以合併優先考慮，以使養液成分配合作物吸收，而使 pH 變化不致太巨，而影響植物生長。其它因子之影響，相當固定，可改變栽培條件改善或根本不能改善。

作物的養分吸收中，化合物的陰離子和陽離子的吸收量如果不相同時，會使養液 pH 值改變。例如 NO_3^- 離子吸收過多時，鈣離子留存在培養液內，使形成 pH 值偏高的情形。而 NH_4^+ 及 NO_3^- 兩離子共存的場合，如果 NH_4^+ 被優先吸收的話，pH 值就降低，反之 NO_3^- 被優先吸收，則 pH 就上升。因此，配製養液時，考量 pH 的穩定，調整不同比例的 NH_4^+ 及 NO_3^- 有其必需性。

培養液中 NO_3^- 高於全氮的 90%時，栽培番茄之培養液的 pH 即有上升之傾向，NH_4^+ 超過全氮的 20%，則有下降傾向。

吳（1989）研究小白菜培養液結果類似，只是小白菜可以忍受 NH_4^+ 的界限濃度較高，即使 NH_4^+-N 達40%，小白菜亦可生長正常，在此情形下 pH 變化亦不致太大。

由國內外諸多研究中。併用兩種氮源的主要目的除獲得 pH 的穩定外，以確保作物吸收養液成分的均衡爲主。茲舉池田（1983）對數種蔬菜研究結果，如圖四，併用少量 NH_4^+，確可使 pH值穩定。



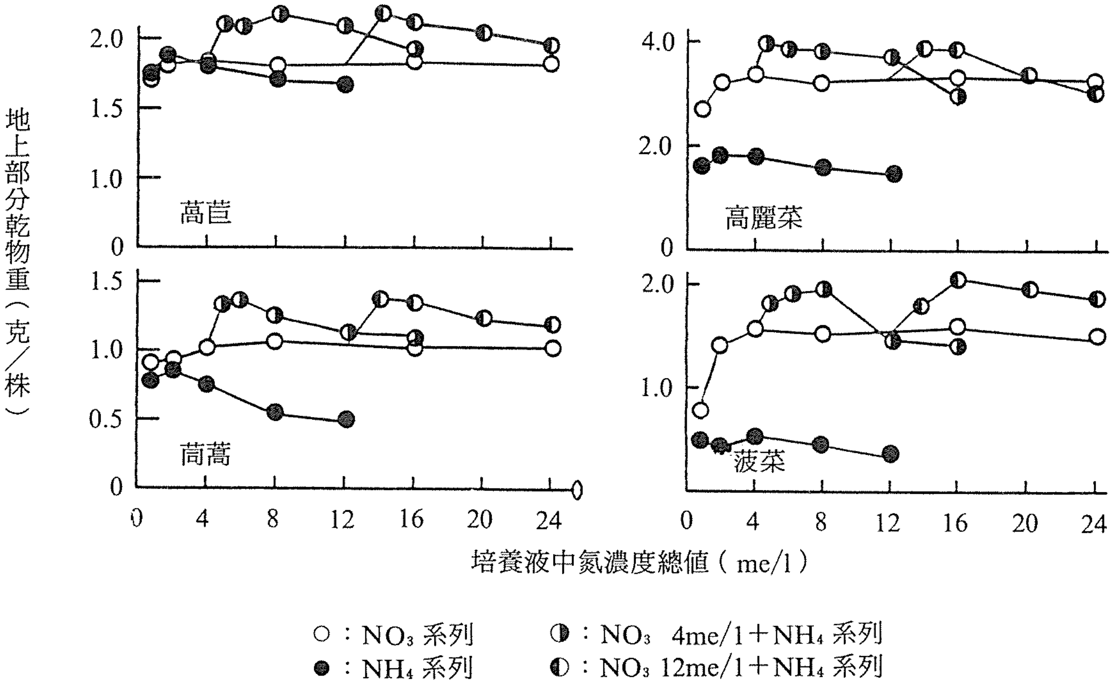
NO_3/NH_4 12/0 ——8/4
4/8　　0/12 (me/1)

圖四　培養液中 NO_3^-/NH_4^+ 與 pH 值的變化（池田、大澤，1983）

㈡為了提高產量

於秋冬季進行番茄種植，發現併用 NH_4^+ 及 NO_3^- ，較僅用 NO_3^- 時，不僅植物體的生長狀況良好，而且健全果實的收穫量較多（池田、1986）。然而若於春夏高溫期，兩種氮型態併用，則效果不明顯恐還有不利現象發生，因高溫時再施用 NH_4^+ ，易使本已因高溫而吸收不足鈣情形更加惡化，故 NH_4^+ 的添加量宜隨季節而調整。

池田（1983）試驗將養液中的氮濃度由 4me/l 提高至 12me/l，發現對大多數葉菜類作物而言，產量並沒有增加，因此，增加養液中的氮濃度，除了使植株看起來翠綠外，沒有任何好處。所以，農業經營必需注意氮素量供應。假使在 4me/l 及 12me/l 的 NO_3^-－N 用量下，增加 NH_4^+－N 的用量，發現少量使用 NH_4^+－N ，確可達到增產的目的，但過多 NH_4^+ 反而使產量再減低，結果如圖五。



圖五 培養液中 NO_3^- 與 NH_4^+ 的濃度及其比例對蔬菜生長的影響（池田、大澤，1983）

㈢日照強弱對氮素種類需求不同

位田及永井（1981）已證實在光源不足的源件下以 NH_4^+ 為氮的供應源較為有利，其試驗結果如表四。由表四可知在日照不足的情況下，通常會減產，但此時若提高 NH_4^+ 的供應量，則可以使產量提高，此乃因低光照之下，硝酸鹽還原酵素的活性降低，植物所吸收的 NO_3^- 無法還原為 NH_4^+ 以供植物利用，而 NH_4^+ 卻可在植物吸收以後，直接合成蛋白質，因此，知道在冬天多放一點 NH_4^+ ，或溫室屋頂的塑膠布使用1～2年後，由於塵埃的覆蓋，透光率變差，此時適宜的 NH_4^+ 用量可使作物生長好一點，而較接近於強日照下的產量。

表四 氮的供應形態與光照對鴨兒芹生長的影響(位田、永井,1981)

培養液 $NO_3:NH_4$ me/l	照度 Lux 12000 重量 g	相對百分率 %	6000 重量 g	相對百分率 %	3000 重量 g	相對百分率 %
10:0	9.80	100	8.14	83	6.42	66
6:4	9.99	101	10.02	102	8.93	91
5:5	11.94	121	10.10	103	8.89	91
4:6	12.59	128	10.28	105	9.90	101
2:8	10.14	103	9.79	100	5.73	59

(四)抑制植體內硝酸之累積

人體大量吸取 NO_3^- 時,會有害人之健康,故應使植物體內,尤其是可食用部分,所含 NO_3^- 濃度,儘量降低為宜。若為果菜類,即使葉片中之濃度較高,一般果實中之濃度仍屬偏低,可安心食用。然而若為葉菜類時,通常葉片之 NO_3^- 濃度與培養液之組成成分有極大的關係。

好吸收 NO_3^- 植物,即使養液中添加達 50% NH_4^+－N,葉片中所含之 NO_3^- 濃度亦不致降低太多。對好吸收 NH_4^+ 的作物言,在養中添加一點點的 NH_4^+－N,便可使植體中 NO_3^- 的累積降低達明顯的效果。只是必須先考慮因添加 NH_4^+ 而使養液 pH 的下降,因此栽植作物之前需注意作物吸收氮的型態。一般提高 NH_4^+ 的用量可以降低 NO_3^- 在植體的累積,如表五。

表五 培養液中之 NO_3^- 與 NH_4^+ 的濃度及其比率對於蔬菜葉片中之 NO_3^-－N 含量的影響(乾物%)(池田、大澤,1983)

氮素比例 me/l $NO_3:NH_4$	萵苣	白菜	菠菜	小蕪菁
3.0:3.0	1.62	1077	0.96	1.08
2.5:0.5	1.42	1.88	0.77	1.07
2.0:1.0	1.01	1.95	0.68	0.69
1.5:1.5	0.72	1.37	0.37	0.79
1.0:2.0	0.59	1.02	0.21	0.56
0.5:2.5	0.26	0.51	0.10	0.20
0.0:3.0	tr	tr	tr	tr
12.0:0.0	1.66	2.10	1.39	2.27
10.0:2.0	0.93	2.64	1.08	2.16
8.0:4.0	0.99	2.70	1.22	1.98
6.0:6.0	0.90	2.25	1.24	1.95
4.0:8.0	0.72	2.12	0.99	1.84
2.0:10	0.64	1.62	0.58	0.92
0.0:12	tr	tr	tr	tr

七、併用 NH_4^+ 量的探討

在土壤中氮素的供應多採用價格便宜的硫銨及尿素，這些肥料中所含銨態氮，雖然能讓稻米（耐銨性）作物充分吸收利用，卻無法完全供給蔬菜類作物氮肥來源。因在於高濃度的 NH_3 會阻礙作物對氮及其它養分的吸收，尤其是 Ca、Mg 的吸收。

銨態氮必須經過土壤中微生物的硝化作用，使其成爲硝酸態氮才能正常供應好硝酸作物生長所需，而培養液中這類的微生物幾乎是不存在的，因此，必需考慮改用硝酸態氮肥。

以硝酸態氮爲主的氮肥中，如果加進了少量的銨態氮混合使用，在效果上很適合作物的生長，前已述及。一般銨態氮的加入比率大約是在5—50%之間，以10—30%最多，很少超過50%的。以小白菜試驗結果，銨態氮佔33.3%，效果佳，即產量及品質都能維持一應有之水平。

部分作物之常用水耕配方銨態氮佔全氮比例整理如表六。由表六，可知不同種類作物其適合的 NH_4^+／NO_3^- 比例並不一樣，也沒有絕對的標準，完全依賴農民在栽培的經驗中摸索改善，因爲，即使對同一作物而言，其 NH_4^+-N 之量亦有不同的報告，其差別也很大。所以必需自行研究改善以適合本土的配方。

表六　數種作物養液配方之全氮量，銨態氮百分比及參考文獻

作物		養液之氮量		銨態氮之百分比	參考文獻
		me/l	ppm		
番茄		17.33		7.7	日本園試處方
番茄		7.66		8.6	日本山崎處方
番茄		10.00		0.0	日本神園處方
番茄	營養生長期		104	0.0	太田，1989
	生殖生長期		154	0.0	
洋香瓜		14.30		9.1	日本山崎處方
洋香瓜		12.00		16.7	沈，1989
洋香瓜	營養生長期		150	13.3	江，1992
	生殖生長期		50	40	
小白菜		5.00		33.3	吳，1989
百合			67	7.5	武川，1990

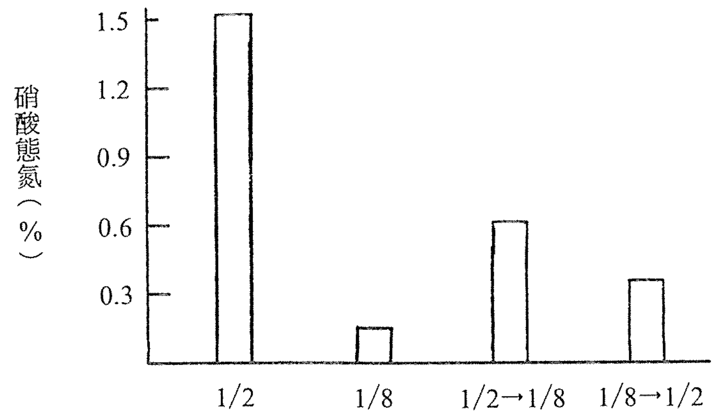
八、降低植體內 NO_3^- 含量的方法

1. 降低培養液的濃度

依據筆者經驗將養液濃度由 EC 1.4 mS/cm 降爲0.75 mS/cm，於夏季種植小白菜不但產量沒有減低，其硝酸態氮含量可以降爲原來的70%或更低。

2. 生長末期以較低的濃度處理

依據篠源　溫（1986）試驗結果，於降低養液濃度，處理生菜二日後，其 NO_3^- 含量降低非常明顯，甚結果如圖六。



圖六 培養液濃度的改換對生菜硝酸態氮含量的影響
(依據園試標準配方改換二日後之分析結果)
(篠原 溫,1986)

3. 改變農民採收習慣

於下午採收較上午爲佳，此因下午通常有較強的光線，可將夜晚累積的 NO_3^- 予以同化，降低其累積。由遮陰會使得植體累積大量 NO_3^- 之經驗，更加強這種看法，遮陰試驗之結果表七(未發表)。

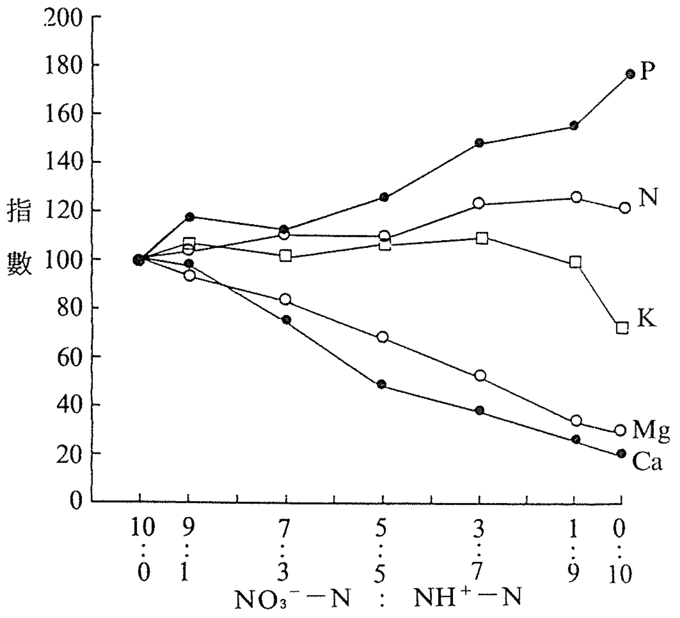
表七 遮陰及生育時期對小白菜葉片中 NO_3^- 含量的影響(乾物%)

種植期間(太陽日)	種植天數	遮陰處理(%)		
		50	20	0
249	12	4.75	4.09	3.32
	18	6.15	4.34	2.48
274	26	4.79	4.52	2.40
287	7	4.07	—	1.01
	14	—	—	1.17
315	21	5.62	—	3.19
	28	6.21	—	
324	10	0.94	0.69	0.33
	21	1.31	1.35	1.18
348				
350	7	1.01	0.77	—
	15	2.55	2.67	2.67
011	20	2.29	2.43	2.43
	26	2.71	3.28	3.28
021	7	2.35	2.35	1.92
	13	2.59	2.21	2.19
044	19	2.69	1.7	1.62

九、併用 NH_4^+ 對其他養分吸收的影響

當養液中兩種形態的氮源同時存時，植物對氮的吸收大大的增加，其原因還不清楚，可能是 NO_3^- 還原同化需要能量，供給 NH_4^+ 可以節約一部分能量用於離子吸收和其他代謝和生長過程。

岩田（1953）試驗指出，葉片中無機養分變化與添加不同氮源比例之關係如圖七所示，N 及 P 在施銨高區較多，Ca、Mg 卻相反。K 在全 NH_4^+－N 區含有率為全 NO_3^-－N 區的70%，在 NH_4^+－N 濃度高的場合，Ca 吸收下降，對蔬菜生育不利，此為作物不好 NH_4^+－N 的原因之一。此時 Ca 之使用濃度提高，則生產量與 NO_3^-－N 區相近。



圖七　不同氮素形態比例對蔬菜地上部大量元素含有率之影響（岩田，1953）

十、銨過多所引起的問題

1. NH_4^+ 太多易使植物氨中毒，尤其在高 pH 值之，且 NH_4^+ 之濃度大時，更易發生，反應如下：

   $$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

   NH_3 在溶液中特別會傷害根之生長，而使根的吸收減少，生長因而變差，因此，養液中若要維持高濃度的 NH_4^+ 時，切忌使養液的 pH 值高於6.5，否則極易造成氨中毒。
2. 氮過剩較氮不足有更大的傷害，尤其是結果性作物，氮過剩時作物不但對病蟲害侵蝕較敏感且造成結果性作物花數減少並降低果實品質。吸收氮素過多時，因氮素之同化作用需消耗糖，構成細胞壁之碳水化合物及澱粉之聚集降低，作物組織軟弱，易受病蟲害侵襲，對機械性之傷害抵抗力也弱。同時氮過多時，莖葉繁茂，延遲成熟。
3. 養液中 NH_4^+ 較多時，受氨的影響，養分吸收產生競爭，不但使鈣及鎂的吸收受到抑制，甚

至產生生長障礙。寺林 敏等（1988）研究指出，水耕番茄在第一段果開花期添加 NH_4NO_3，則臍腐果發生率明顯增加，如表八，經由花房及花萼分析，知發生臍腐果主因於鈣含量較少，故推測銨的增加阻礙了鈣的吸收，導致臍腐果的發生。

表八 銨對臍腐果發生的影響（寺林 敏等，1988）

	臍腐果發生率 %		
	第一果串	第二果串	第三果串
標準配方	17	64	23
於第一果串開花時			
添加 NH_4NO_3	85	83	100
於第二果串開花時			
添加 NH_4NO_3	37	55	86
添加$(NH_4)_2SO_4$	17	64	23

十一、隨生長期調整氮肥用量

前已述及，作物對氮素需求前期高而後期低，證諸洋香瓜栽培其效應更明顯。

江（1992）養液栽培洋香瓜試驗指出，營養生長期氮以150ppm，生殖生長期則調整150、100及50等三個氮肥等級，經78年秋作，79年春作、秋作及80年春作等四作，其效果一致，都以50ppm處理者品質最佳，茲舉78年秋作之結果如表九。

表九 生殖生長期以不同氮肥處理對水耕洋香瓜果實品質的影響

氮肥處理 ppm	糖度 Brix	果糖 mg/ml	檸檬酸 mg/ml	單果重 g	直徑 cm	果肉厚度 cm
150	10.4	34.6	43.0	1505	13.1	2.8
100	11.1	40.7	48.4	1553	13.3	2.9
50	13.9	55.1	66.4	1730	13.5	3.4

十二、參考文獻

1. 江國忠 1992 非循環式水耕栽培洋香瓜結果期不同氮及磷肥施用量對果實品質之影響 80年度土壤肥料試驗研究報告 pp.123-134。
2. 吳正宗 1989 夏季小白菜水耕液配方及管理技術之研擬 國立中興大學碩士論文。
3. 沈再發 1989 溫室洋香瓜之養分吸收試驗 第二屆設施園藝研討會專輯 鳳山熱帶園試分所 pp.109-129。

4. 何念祖、孟賜福　1987　植物營養原理　上海科學技術出版社　pp.60-124。
5. 蔡俊雄　1990　亞蔬非循環式水耕栽培系統之評估　設施園藝之研究與技術開發成果報告　鳳山熱帶園藝試驗分所　pp.36-43。
6. 今井秀夫　1987　亞蔬非循環式水耕栽培　設施園藝研討會專輯　鳳山熱帶園試分所　p.109-124。
7. 太田保夫、吳登林　1989　熱帶地區番茄水耕系統之改進　第二屆設施園藝研討會專輯　鳳山熱帶園試分所　pp.148-161。
8. 池田英男　1986　作物の營養特性からみた培養液管理　農業および園藝　61(1):205-211。
9. 武川滿夫　1990　水耕栽培的教科書　富民協會　日本。
10. 篠原　溫　1986　養液栽培野菜の品質と栽培技術による改善　農業および園藝　61(1):219-222。
11. Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability. John Willy & Sons Inc. New York.
12. Finck, A. 1982. Mineral single-untrient fertilizer. Fertilizers and Fertilization. Verlag Cheme. Germany. pp.35-61.
13. Imai, H., C. H. Ma and D. L. Wu. 1988. Integrated cultrue practices to reduce chinese Cabbage tipburn and internal rot in the tropics. Japan. J. Trop. Agr. 32(1):22-34.
14. Imai, H., C. H. Ma and D. L. Wu. 1988. Effect of time, form and concentration of nitrogen application on Chinese cabbage tipburn. JAPAN. J. Trop. Agr. 32(2)：85-94.
15. Imai, H. 1987. NH_4^+－N toxicity and calcium deficiency in tipburn and internal rot in Chinese cabbage. AVRDC. FFTC Technical Bulletin No.105.
16. Jones, J. B. 1983. A guide for the Hydroponic & Soiless Cultrue Grower. Timber Press. U. S. A.
17. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrifion. Chapter 7. International Institute Potash.